

16. 6. 2004

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年 6月19日

REC'D 06 AUG 2004

出願番号  
Application Number: 特願2003-174499  
[ST. 10/C]: [JP2003-174499]

WIPO PCT

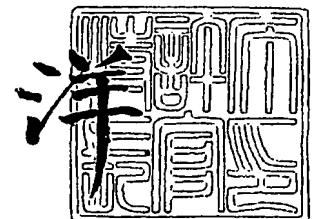
出願人  
Applicant(s): 日本電信電話株式会社

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 7月22日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願

【整理番号】 NTTH155430

【提出日】 平成15年 6月19日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 G02F 1/01

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【フリガナ】 フジワラ マサチ

【氏名】 藤原 正満

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【フリガナ】 アキモ コウジ

【氏名】 秋本 浩司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【フリガナ】 カニ シュンイチ

【氏名】 可児 淳一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【フリガナ】 イワツキ カツミ

【氏名】 岩月 勝美

【特許出願人】

【識別番号】 000004226

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号

【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100078237

【住所又は居所】 東京都練馬区関町北二丁目 26 番 18 号

【弁理士】

【氏名又は名称】 井 出 直 孝

【電話番号】 03-3928-5673

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100083518

【住所又は居所】 東京都練馬区関町北二丁目 26 番 18 号

【弁理士】

【氏名又は名称】 下 平 俊 直

【電話番号】 03-3928-5673

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014421

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9701394

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 多波長一括光変調装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の光搬送波を含む多波長光が入射される入力ポートと、この入力ポートに入射された多波長光が出射される入出力ポートと、この入出力ポートに入射された多波長光が出射される出力ポートとを備えた光入出力手段と、前記多波長を構成する単一波長光を双方向に透過させ当該単一波長光に利得を与える光増幅手段と、

前記利得を与えられた単一波長光のいずれかを双方向に透過させ当該透過する利得を与えられた単一波長光に変調を施す光強度変調手段と、

この光強度変調手段を透過した単一波長光を再びこの光強度変調手段および前記光増幅手段に回帰させる光回帰手段と

を、前記多波長光を構成する複数の単一波長光のそれぞれに対応して複数備え、

前記入出力ポートから出射した多波長光を波長毎に分波して複数の前記光増幅手段および光強度変調手段に入射すると共に複数の前記光強度変調手段および光増幅手段からそれぞれ出射した複数の単一波長光を合波した多波長光を前記入出力ポートに入射させる波長合分波手段と

を備えたことを特徴とする多波長一括光変調装置。

【請求項 2】 前記光増幅手段は、利得の未飽和領域において動作される請求項 1 記載の多波長一括光変調装置。

【請求項 3】 前記光強度変調器における変調信号のビットレートを  $B$  (bps) としたとき、前記光増幅手段から出力された単一波長光が、前記光回帰手段を経て再度前記光増幅手段に至るまでに要する時間  $\tau$  (s) を、

$$\tau \geq 1/B$$

とする請求項 2 記載の多波長一括光変調装置。

【請求項 4】 前記入出力手段は、前記入出力ポートから前記波長合分波手段に出射された多波長光の偏波方向と直交する前記入出力ポートから入射される多波長光を前記出力ポートから出射する第一の偏波分離手段を備え、

前記光増幅手段と前記光強度変調手段との間には、偏波回転手段が介挿された請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の多波長一括光変調装置。

【請求項 5】 前記光強度変調手段の前または後に偏光子が介挿された請求項 4 記載の多波長一括光変調装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信に利用する。特に、光変調器の装置構成技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、光短パルスレーザ、あるいは振幅または位相を変調した多波長光を波長多重通信（WDM：Wavelength Division Multiplexing）用光源として用いる方式が検討されてきた。このような多波長光は、各サイドモードのスペクトル間隔がすべて等しく、サイドモードを波長分離して得られるチャンネルはすべて等しい波長間隔になる。従って、各チャンネルごとに個別のレーザを用意してチャンネルごとに波長を設定する方法よりも、波長配置に関して簡便である。

【0003】

このような多波長光を波長多重通信システムの光源として用いるには、従来は各サイドモードをアレイ導波路格子フィルタ（AWG：Arrayed-Waveguide Grating）などの波長合分波器で波長分離し、それぞれの波長を個別の強度変調器を用いて変調し、変調されたそれぞれのチャンネルを別の波長合分波器を用いて波長多重していた。

【0004】

つまり、多波長光を強度変調するには、多波長光を波長合分波器で波長分離し、各波長の光を強度変調したのち、別の波長合分波器を用いて波長多重する必要があったため、絶対波長の等しい 2 つの波長合分波器が必要であった。図 10 に従来の多波長一括光変調装置の一例を示す。

【0005】

その問題を解決する手法として、例えば特許文献 1 において、1 つの波長合分

波器と、1つあるいは複数の光強度変調器と、光強度変調器の個数に等しい反射鏡とで構成した多波長一括光変調装置が提案されている。この多波長一括光変調装置を図11に示す。

#### 【0006】

ここで、光反射器により反射された変調光は再度光強度変調器を通ることにより、さらに変調され、波形がひずむことが予想される。以下に、波形ひずみの問題を図12および図13を用いて説明し、ひずみの起こらない条件を提示する。光強度変調器への入力変調信号の変調速度を $B$  (bps) とし、その時間波形を変調波形と呼ぶ。光強度変調器へ入力された連続光は、光強度変調器により変調を受け、変調波形と相似の光波形(ビット幅 $1/B$  (s))を出力する。この出力光は、光反射器によって反射され、時間 $\tau$  (s) 遅れて光強度変調器に帰還され、再度変調波形で変調される。変調波形と光反射器により反射した変調光の波形(反射光パルス波形と呼ぶ)の時間関係を図13に示す。図13では、変調波形と反射光パルス波形の時間ずれにより、反射光パルスの立ち下がり部分が時間 $\tau$ だけ削られてしまうことになり、故に、ひずみが生じてしまう。ここで、遅延時間 $\tau$ は、光強度変調器と光反射器との距離を $L$  (m) とすると、

$$\tau = 2nL/c \quad (1)$$

と表される。ただし、 $n$ は導波媒質の屈折率、 $c$ は光速である。波形ひずみを小さくするためには、遅延時間 $\tau$ はビット幅 $1/B$ に比べて無視しうるほど小さければよい。すなわち、

$$\tau \ll 1/B \quad (2)$$

であればよい。

#### 【0007】

上記の設計条件の数値例を以下に示す。光強度変調器と光反射器との距離を $L = 10$  (mm) とする。このとき、遅延時間は $\tau = 100$  (ps) となる。よって式(2)より、

$$B \ll 10 \text{ (Gbit/秒)}$$

となる。今、遅延時間 $\tau$ はビット幅 $1/B$ に比べて $1/100$ 以下である、という条件を図示すると、変調速度 $B$ と遅延時間 $\tau$ の関係は図14の網掛け部分で表

することができる。図14は反射型光変調器における伝送距離と遅延時間との関係を示す図であり、横軸に伝送距離と伝送距離に対応する遅延時間を取り、縦軸にビットレートをとる。式(1)および式(2)から、より速い変調速度が必要な場合は、遅延時間は非常に短くしなければならない。図12の系で遅延時間を最も短くし得るのは、光強度変調器と光反射器とが接したときであり、光強度変調器の入出力ポートに光反射器を接して配置してもよい。光反射器を接して配置する方法例としては、光強度変調器の入出力ポートの端面に誘電体多層膜をコーティングしてもよい。また、光強度変調器の導波路内で入出力ポートの近傍にグレーティングを書き込んでもよい。

#### 【0008】

##### 【特許文献1】

特開2002-318374号公報

#### 【0009】

##### 【発明が解決しようとする課題】

前記従来例においては、波長合分波器および光強度変調器を通過する際の損失を補うため高利得の光増幅器が必要である。特願2001-385798号（本願出願時に未公開）によって提案したように、多波長光の波長域をカバーする広帯域の光増幅器を、図10および図11に示すように挿入すればよいが、広帯域にわたって平坦な利得プロファイルを持つ高出力の光増幅器は例え一つと言えども高価であり、また、光増幅器の故障がシステムに与える影響は甚大である。

#### 【0010】

上記課題を解決する手法として特許文献1に開示されているように、光強度変調器として、半導体光増幅器（SOA: Semiconductor Optical Amplifier）の駆動電流量を変調信号によって変化させることにより変調動作と増幅動作とを同時に行うことのできるSOA変調器を使用することが挙げられる。SOA変調器は、双方向増幅器として機能するため、その利得は、所望利得の半分でよい。しかしながら、SOA変調器においてはG(bps)オーダの高速の変調信号に対して波形劣化が著しい。

#### 【0011】

本発明は、このような背景に行われたものであって、光増幅器に要求される利得を所望利得の半分にすることができ、また、光増幅器は広帯域にわたって平坦な利得プロファイルを必要とせず、また、光増幅器故障時にシステムに与える影響は波長毎で済み、また、G (b p s) オーダの高速の変調信号により強度変調が可能となる多長一括光変調装置を提供することを目的とする。

#### 【0012】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は、多波長一括光変調装置であって、本発明の特徴とするところは、複数の光搬送波を含む多波長光が入射される入力ポートと、この入力ポートに入射された多波長光が出射される入出力ポートと、この入出力ポートに入射された多波長光が出射される出力ポートとを備えた光入出力手段と、前記多波長を構成する単一波長光を双方向に透過させ当該単一波長光に利得を与える光増幅手段と、前記利得を与えられた単一波長光のいずれかを双方向に透過させ当該透過する利得を与えられた単一波長光に変調を施す光強度変調手段と、この光強度変調手段を透過した単一波長光を再びこの光強度変調手段および前記光増幅手段に回帰させる光回帰手段とを、前記多波長光を構成する複数の単一波長光のそれぞれに対応して複数備え、前記入出力ポートから出射した多波長光を波長毎に分波して複数の前記光増幅手段および光強度変調手段に入射すると共に複数の前記光強度変調手段および光増幅手段からそれぞれ出射した複数の単一波長光を合波した多波長光を前記入出力ポートに入射させる波長合分波手段とを備えたところにある（請求項1）。

#### 【0013】

これにより、光増幅器に要求される利得を所望利得の半分にすることができる。光増幅器は広帯域にわたって平坦な利得プロファイルを必要としない。光増幅器故障時にシステムに与える影響は波長毎で済む。変調帯域の広い光強度変調器を使用することにより、G (b p s) オーダの高速の変調信号により強度変調が可能となる。

#### 【0014】

また、前記光増幅手段は、利得の未飽和領域において動作されることが望まし



い（請求項2）。これにより、双方向光増幅器を利得の飽和領域において動作させた場合に生じる波形劣化を抑えることができる。あるいは、さらに大きく当該波形劣化を抑えるためには、前記光強度変調器における変調信号のビットレートを  $B$  (bps) としたとき、前記光増幅手段から出力された単一波長光が、前記光回帰手段を経て再度前記光増幅手段に至るまでに要する時間  $\tau$  (s) を、

$$\tau \geq 1/B$$

とすることが望ましい（請求項3）。

#### 【0015】

また、前記入出力手段は、前記入出力ポートから前記波長合分波手段に出射された多波長光の偏波方向と直交する前記入出力ポートから入射される多波長光を前記出力ポートから出射する第一の偏波分離手段を備え、前記光増幅手段と前記光強度変調手段との間には、偏波回転手段が介挿される構成とすることができる（請求項4）。

#### 【0016】

このように、偏波回転手段からの出力が光反射器により反射され、再度偏波回転手段に戻って来るまでの経路における、光の偏波面が双方向において同一であるため、光強度変調器として、LiNbO<sub>3</sub>マッハツェンダ型光強度変調器などの単一の入力偏波に対してのみ変調が可能な光強度変調器を使用することができる。

#### 【0017】

また、前記光強度変調手段の前または後に偏光子が介挿された構成とすることができる（請求項5）。このように、偏波回転手段からの出力が光反射器により反射され、再度偏波回転手段に戻って来るまでの経路における、光の偏波面が双方向において同一であるため、光経路内に偏光子を挿入でき、この偏光子の挿入により、劣化した偏波消光比を回復させることができる。

#### 【0018】

#### 【発明の実施の形態】

本発明実施形態を図1ないし図9を参照して説明する。図1は第一実施形態の多波長一括光変調装置の構成図である。図2は半導体増幅器の未飽和領域を説明

するための図である。図3は反射型変調器の波形ひずみを説明するための図である。図4および図5は双方向光増幅器を利得の飽和領域で動作させた場合の波形ひずみを説明するための図である。図6は半導体光増幅器の反射光を説明するための図である。図7は第二実施形態の多波長一括光変調装置の構成図である。図8は第二実施形態の多波長一括光変調装置における偏波回転手段の効果を説明するための図である。図9は第三実施形態の多波長一括光変調装置の構成図である。

#### 【0019】

本実施形態は、多波長一括光変調装置であって、本実施形態の特徴とするところは、図1に示すように、複数の光搬送波を含む多波長光が入射される入力ポート10と、この入力ポート10に入射された多波長光が出射される入出力ポート11と、この入出力ポート11に入射された多波長光が出射される出力ポート12とを備えた光入出力手段と、前記多波長を構成する単一波長光を双方向に透過させ当該単一波長光に利得を与える双方向光増幅器2と、前記利得を与えられた単一波長光のいずれかを双方向に透過させ当該透過する利得を与えられた単一波長光に変調を施す光強度変調器3と、この光強度変調器3を透過した単一波長光を再びこの光強度変調器3および双方向光増幅器2に回帰させる光反射器4とを、前記多波長光を構成する複数の単一波長光のそれぞれに対応して複数備え、入出力ポート11から出射した多波長光を波長毎に分波して複数の双方向光増幅器2および光強度変調器3に入射すると共に複数の光強度変調器3および双方向光増幅器2からそれぞれ出射した複数の単一波長光を合波した多波長光を入出力ポート11に入射させる波長合分波器1とを備えたところにある（請求項1）。なお、双方向光増幅器2は、利得の未飽和領域において動作される（請求項2）。特に、光強度変調器3における変調信号のビットレートを $B$  (bps) としたとき、双方向光増幅器2から出力された単一波長光が、光反射器4を経て再度双方向光増幅器2に至るまでに要する時間 $\tau$  (s) を、

$$\tau \geq 1/B$$

とする（請求項3）。

#### 【0020】

また、図8および図9に示すように、前記入出力手段は、入出力ポート11から波長合分波器1に出射された多波長光の偏波方向と直交する入出力ポート11から入射される多波長光を出力ポート12から出射する偏波分離器5を備え、双方向光増幅器2と光強度変調器3との間には、偏波回転手段6が介挿されることもできる（請求項4）。さらに、図9に示すように、光強度変調器3の前または後に偏光子7が介挿されることもできる（請求項5）。

#### 【0021】

以下では本実施形態をさらに詳細に説明する。

#### 【0022】

（第一実施形態）

図1は、本発明第一実施形態を示している。

#### 【0023】

本装置は、多波長光を所定の波長毎に分波する波長合分波器1と、分波された各波長のパワーを双方向で増幅する双方向光増幅器2と、単一波長光の強度を変調する光強度変調器3と、光強度変調器3から出力される変調された単一波長光を再び双方向光増幅器2に帰還させる光反射器4とで構成される（請求項1）。

#### 【0024】

波長合分波器1とは、例えばAWGなどである。AWGは、ある入力導波路から入射された光は、波長に応じて異なる出力導波路から出力される。また、AWGは可逆性を有しており、複数の波長光を1つの出力導波路に合波することもできる。

#### 【0025】

双方向光増幅器2とは、例えばSOAである。SOAは、半導体レーザの共振器端面を低反射化することにより、半導体内の活性層を進行する光を、誘導放出により増幅させる光増幅器である。一方、双方向光増幅器としてエルビウム添加光ファイバ（EDFA：Erbium Doped Fiber Amplifier）などの光ファイバ増幅器を考えることもできるが、光ファイバ増幅器は、ポンプ光を出力する半導体レーザ、エルビウムなどを添加した添加物光ファイバ、ポンプ光を添加物光ファイバに結合する結合器から構成されるため、部品点数の観点からSOAより高コス

トになることが予想される。

#### 【0026】

光強度変調器 3 とは、マッハツェンダ型光強度変調器、電界吸収型光強度変調器（EA 変調器）であり、単一波長光をデータ信号で強度変調する。これらの光強度変調器によれば、40 G（bps）オーダの変調信号による強度変調が実用レベルで可能である。

#### 【0027】

光反射器 4 とは、例えば金属膜をコーティングした鏡、誘電体多層膜をコーティングした鏡などである。また特定の波長に関する反射鏡として、回折格子やファイバブラッググレーティングなども光反射器として用いることができる。また、ファイバブラッググレーティングの応用例として、光導波路に直接回折格子（グレーティング）を書き込んだ光反射器でもよい。

#### 【0028】

波長合分波器 1 の出力導波路は、それぞれ空間光学系あるいは光導波路によって双方向光増幅器 2 の片方のポートに光学的に接続されている。双方向光増幅器 2 のもう一方のポートは、同じく空間光学系あるいは光導波路によって光強度変調器 3 の片方のポートに光学的に接続されている。光強度変調器 3 のもう一方のポートは、同じく空間光学系あるいは光導波路によって光反射器 4 に光学的に接続されている。波長合分波器 1 の入力導波路より入力された多波長光は、波長合分波器 1 で各波長毎に分波され、分波された一つの単一波長光は、それに対応する一つの双方向光増幅器 2 に導かれ、そのパワーを増幅される。双方向光増幅器 2 でパワーを増幅された単一波長光は、それに対応する一つの光強度変調器 3 に導かれ、データ信号により強度変調される。強度変調された単一波長光は光強度変調器 3 の光反射器側ポートより出力され、光反射器 4 で反射された再び光強度変調器 3、双方向光増幅器 2 を介して波長合分波器 1 により合波され、入力導波路より出力される。

#### 【0029】

双方向光増幅器 2 は、利得の飽和領域において連続光と変調光の間の利得の奪い合いが信号劣化を引き起こす。図 2 に示すように、連続光と変調光の双方向光

増幅器からの出力パワー（横軸）の和（もしくは入力パワーの和）が、ある出力パワー（もしくは入力パワー）以下において利得（縦軸）が一定に保たれる利得の未飽和領域で使用されることが望ましい（請求項2）。以下、利得の飽和領域における波形劣化について図3および図4を用いて説明する。

### 【0030】

双方向光増幅器2への入力光は入力連続光および入力変調光の2つである。強度変調器3への入力変調信号の変調速度を $B$  (bps)とし、その時間波形を変調波形と呼ぶ。

### 【0031】

光強度変調器3へ入力された光は、図3に示すように、光強度変調器3により変調を受け、変調波形と相似の光波形（ビット幅 $1/B$  (s)）を出力する。この出力光は、光反射器4によって反射され、光強度変調器3に帰還されて再度変調波形で変調された後、入力連続光として時間 $\tau$  (s)遅れて双方向光増幅器2に入力される。

### 【0032】

$\tau = 0$  (s)の時間波形を図4に示す。双方向光増幅器2には、連続光と変調光とが双方向に入力され、両方の出力（もしくは入力）パワーの和が、少なくとも変調光がマークの際に利得の飽和領域にあるとする（図4左図）。この場合、入力変調光の状態がマークかスペースかにより、双方向光増幅器2の入力パワーの和が異なる。したがって、連続光および変調光が受ける利得がそれぞれ違うことになり、双方向光増幅器2から出力される連続光は、入力変調光パターンにより強度変調されて、光強度変調器3に入力される。この光強度変調器3への入力光は、変調波形とは逆のパターンであるので、パワー一定の連続光を光強度変調器3に入射した場合と比較して、出力光の消光比が劣化することになる（図4右図）。

$$\tau > 0$$

では、上記SOA変調器の波形劣化と同様に、双方向光増幅器2から出力される波形とは逆のパターンで変調された連続光と、反射光波形との時間ずれにより、波形劣化がより大きくなる。

## 【0033】

$\tau = 1/B$  (s) の時間波形を図5に示す。双方向光増幅器2から出力される連続光が、入力変調光の逆のパターンで変調されることは、 $\tau = 0$  のときと同じであるが(図5左図)、光強度変調器3において変調される際、光強度変調器3への入力光が双方向光増幅器2において、マークおよびスペースに変調された場合それぞれにつき、変調波形がマークおよびスペースになることが考えられる。したがって、光強度変調器3は、それぞれの場合について4通りの光レベルを持った光を出力し、双方向光増幅器2へ入力する。つまり、光強度変調器3から出力される光波形は $\tau = 0$  (s) のときよりも劣化する。

## 【0034】

以上により、双方向光増幅器2の動作条件としては、連続光と変調光の双方向光増幅器2からの出力パワーの和(もしくは入力パワーの和)が、ある出力パワー(もしくは入力パワー)以下において利得が一定に保たれる利得の未飽和領域で使用されることが望ましく、特に $\tau \geq 1/B$  の場合にその効果が大きくなると言える(請求項3)。

## 【0035】

## (第二実施形態)

光増幅器を双方向動作させるには、光増幅器の内部に光アイソレータを挿入することができないため、光増幅経路の両端からの端面反射の影響を考慮する必要がある。図6に示すように、この反射光は、双方向伝送時には2つ存在し(反射光#1、反射光#2)、反射光#1は変調光と、反射光#2は連続光と同一方向に進む。この連続光は強度変調され変調光となり、反射光#2は連続光と同じ経路を辿るため、結局、変調光には反射光#1と反射光#2が付与される。変調光は反射光#1および反射光#2の同一偏波方向成分と干渉し、ビート雑音として強度揺らぎが生じる。

## 【0036】

図6に示すように、SOAでは入力信号光パワーを $g$ 倍する増幅部の両端に低反射化された端面を持つ。この端面は、デシベル換算で $-40$  dB程度とパッシブな光デバイスの端面と同程度の反射率 $r$ を持つ。反射光はSOAの利得を2度

受けることから、SOA全体で考えると反射率は $g^2 r$ に増大され、その影響は無視できなくなる。

#### 【0037】

第二実施形態を図7および図8を用いて説明する。ここで、図8における丸の中の矢印は、連続光もしくは変調光の偏波面の角度を模式的に表している。特に、括弧内に示される偏波面の角度は、双方向光増幅器2における反射光の偏波面の角度を表す。偏波分離器5の一つの出力ポートは、空間光学系あるいは光導波路によって、双方向光増幅器2を介して光強度変調器3の片方のポートに光学的に接続されている。光強度変調器3のもう一方のポートは、同じく空間光学系あるいは光導波路によって光反射器4に光学的に接続されている。また、双方向光増幅器2と光強度変調器3の間には偏波回転手段6が配置されている（請求項4）。ここで、図7の実施例では、光強度変調器3の入力、および変調光の出力を偏波分離器5で切りわけているが、入力光と出力光の偏波面の角度は90度ずれているので、出力光の特定の偏波だけを切り出せば、入力光と出力光とは分離できる。

#### 【0038】

偏波分離器5としては、一般によく使用される偏波ビームスプリッタ（PBS：Polarization Beam Splitter）を用いればよいが、例えば、出力光を光サーキュレータ、あるいは光カプラを介して波長合分波器1より出力させ、偏光子を用いて入力光と90度偏波のずれた光のみを取り出す構成としてもよい。また、偏波回転手段6としては、1/4波長板、あるいはファラデー素子などがある。また、ファラデー素子の一方の出力端に反射鏡を取り付けたファラデーミラーを用いてもよい（請求項4）。

#### 【0039】

双方向光増幅器2においてパワーを増幅された連続光は、偏波回転手段6に入力される。そこで連続光は偏波面が45度回転された光強度変調器3に入力され、変調信号により強度変調される。変調された単一波長光は光強度変調器3の光反射器側ポートより出力され、光反射器4へ入力される。光反射器4で反射された変調光は再び光強度変調器3を通過して、偏波回転手段6に入力される。変調

光は、偏波回転手段 6 において偏波面がさらに 45 度回転され、双方向光増幅器 2 に入力され再度光パワーを増幅される。双方向光増幅器 2 の出力変調光は、その偏波面が入力光と比べて 90 度ずれているため、偏波分離器 5 により入力光と出力光とを分離することができる。

#### 【0040】

ここで、双方向光増幅器 2 の反射光 # 1 および反射光 # 2 は、同一方向に進む連続光もしくは変調光の偏波方向と直交する。反射光 # 1 は変調光と偏波方向が直交するため、出力において偏波分離器 5 にて分離される。また、反射光 # 2 は連続光と偏波方向が直交し、以後強度変調されて変調光となってからもその偏波関係は保持され、反射光 # 1 と同様に出力において偏波分離器 5 にて分離される。その結果、双方の光の干渉による強度揺らぎを解消することができる。

#### 【0041】

本構成によれば、偏波回転手段 6 からの出力が光反射器 4 により反射され、再度偏波回転手段 6 に戻ってくるまでの経路における、光の偏波面が双方向において同一であるため、光強度変調器 3 として、LiNbO<sub>3</sub>マッハツェンダ型光強度変調器などの単一の入力偏波に対してのみ変調が可能な光強度変調器 3 を使用することが可能である。

#### 【0042】

##### (第三実施形態)

第三実施形態を図 9 を用いて説明する。第三実施形態では、第二実施形態における多波長一括光変調装置の光強度変調器 3 の前または後に（図では後に挿入）、単一偏波のみを通過させることのできる偏光子 7 を挿入している。一般に、光デバイスや光ファイバを複数結合すると、直交する 2 つの偏波間の偏波消光比は著しく劣化する。本構成によれば、偏波回転手段 6 からの出力が光反射器 4 により反射され、再度偏波回転手段 6 に戻ってくるまでの経路における、光の偏波面が双方向において同一であるため、光経路内に偏光子 7 を挿入することができる（請求項 5）。この偏光子 7 の挿入により、劣化した偏波消光比を回復させることができる。

#### 【0043】



**【発明の効果】**

以上説明したように、本発明によれば、光増幅器に要求される利得を所望利得の半分にすることができる。光増幅器は広帯域にわたって平坦な利得プロファイルを必要としない。光増幅器故障時にシステムに与える影響は波長毎で済む。G (bps) オーダの高速の変調信号により強度変調が可能となる。

**【0044】**

さらに、双方向光増幅器を利得の飽和領域において動作させた場合に生じる波形劣化を抑えることができる。

**【0045】**

さらに、偏波回転手段からの出力が光反射器により反射され、再度偏波回転手段に戻って来るまでの経路における、光の偏波面が双方向において同一であるため、光強度変調器として、LiNbO<sub>3</sub>マッハツェンダ型光強度変調器などの単一の入力偏波に対してのみ変調が可能な光強度変調器を使用することができる。また、偏波回転手段からの出力が光反射器により反射され、再度偏波回転手段に戻って来るまでの経路における、光の偏波面が双方向において同一であるため、光経路内に偏光子を挿入でき、この偏光子の挿入により、劣化した偏波消光比を回復させることができる。

**【図面の簡単な説明】****【図1】**

第一実施形態の多波長一括光変調装置の構成図。

**【図2】**

半導体増幅器の未飽和領域を説明するための図。

**【図3】**

反射型変調器の波形ひずみを説明するための図。

**【図4】**

双方向光増幅器を利得の飽和領域で動作させた場合の波形ひずみを説明するための図。

**【図5】**

双方向光増幅器を利得の飽和領域で動作させた場合の波形ひずみを説明するた

めの図。

【図 6】

半導体光増幅器の反射光を説明するための図。

【図 7】

第二実施形態の多波長一括光変調装置の構成図。

【図 8】

第二実施形態の多波長一括光変調装置における偏波回転手段の効果を説明するための図。

【図 9】

第三実施形態の多波長一括光変調装置の構成図。

【図 10】

従来の多波長一括光変調装置の構成図。

【図 11】

従来の多波長一括光変調装置の構成図。

【図 12】

反射型変調器の波形ひずみを説明するための図。

【図 13】

反射型変調器の波形ひずみを説明するための図。

【図 14】

反射型光変調器における伝送距離と遅延時間との関係を示す図。

【符号の説明】

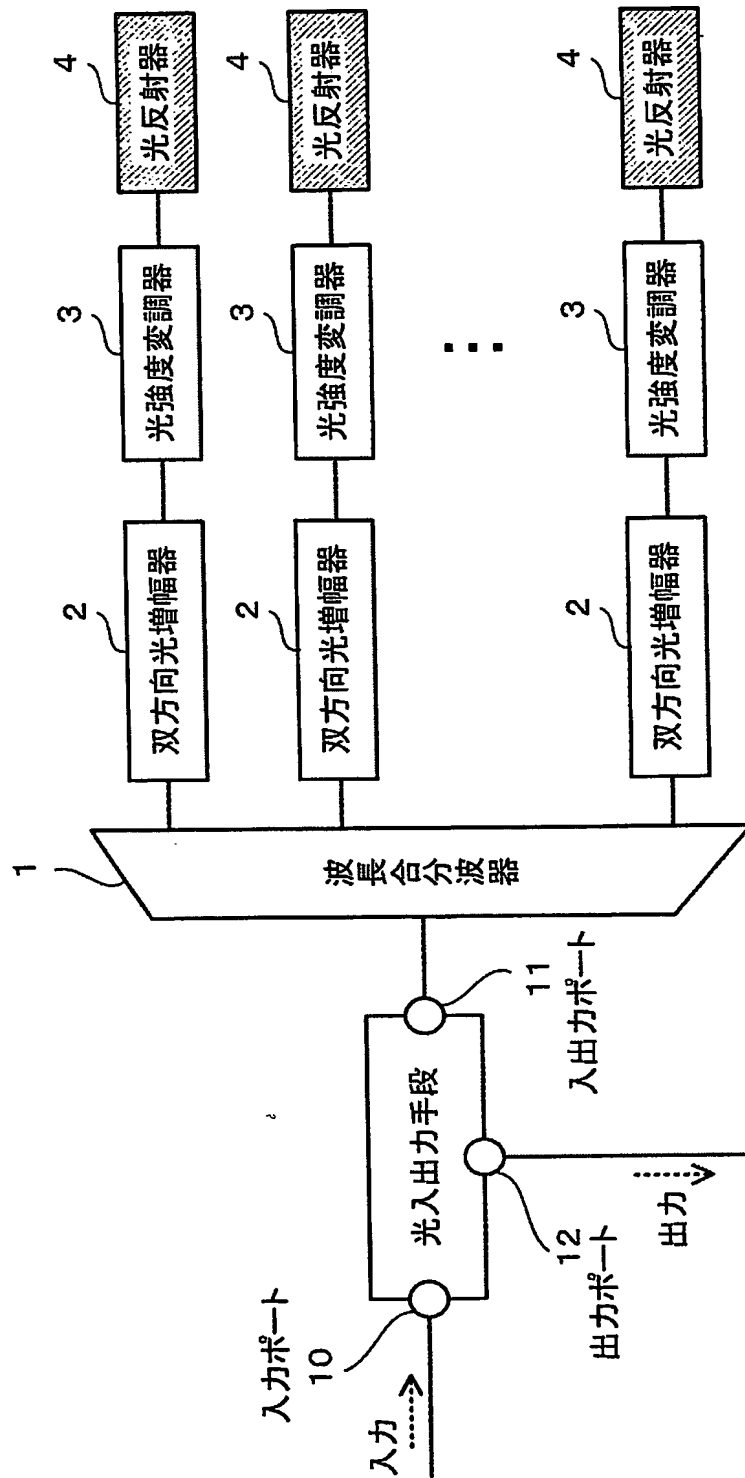
- 1 波長合分波器
- 2 双方向光増幅器
- 3 光強度変調器
- 4 光反射器
- 5 偏波分離器
- 6 偏波回転手段
- 7 偏光子
- 10 入力ポート

1 1 入出力ポート

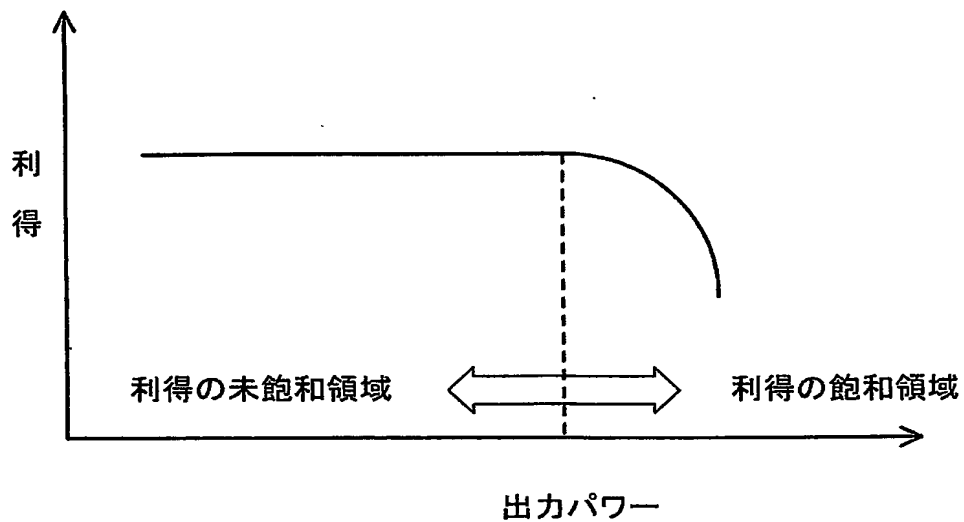
1 2 出力ポート

【書類名】 図面

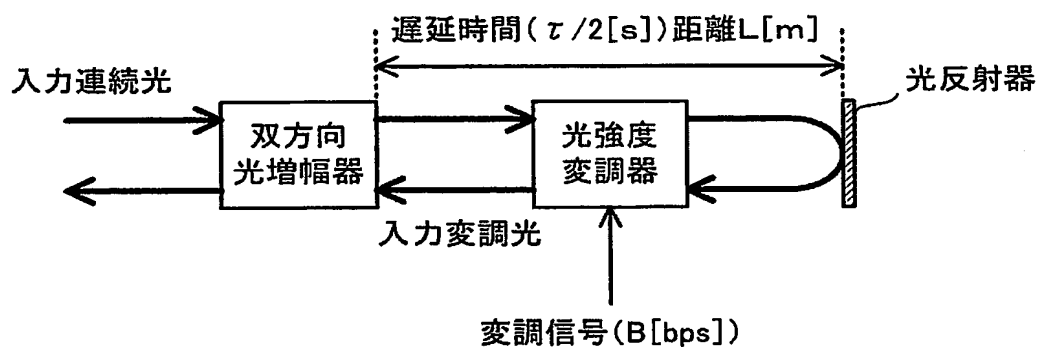
【図1】



【図 2】



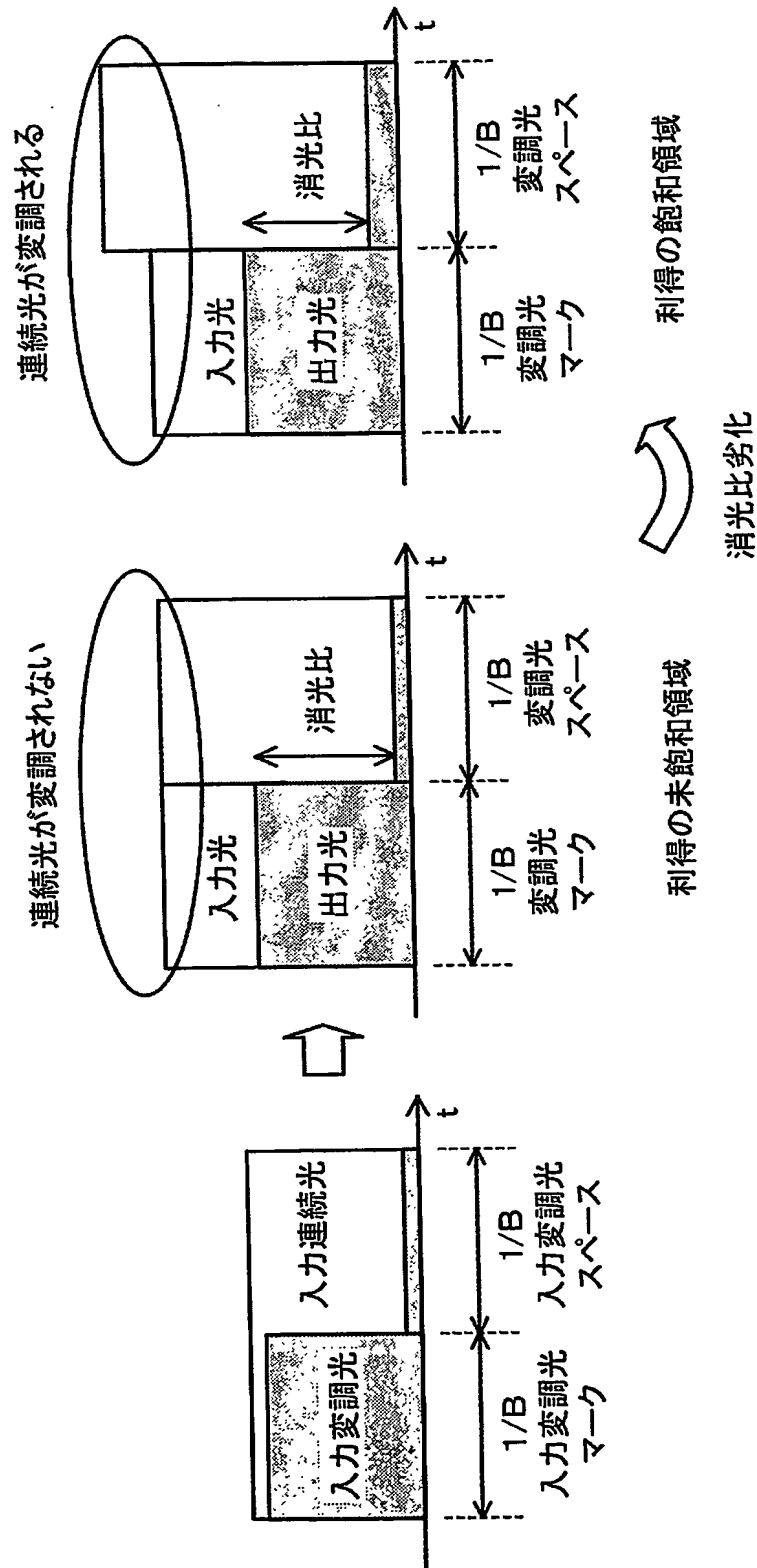
【図 3】



【図 4】

光強度變調器

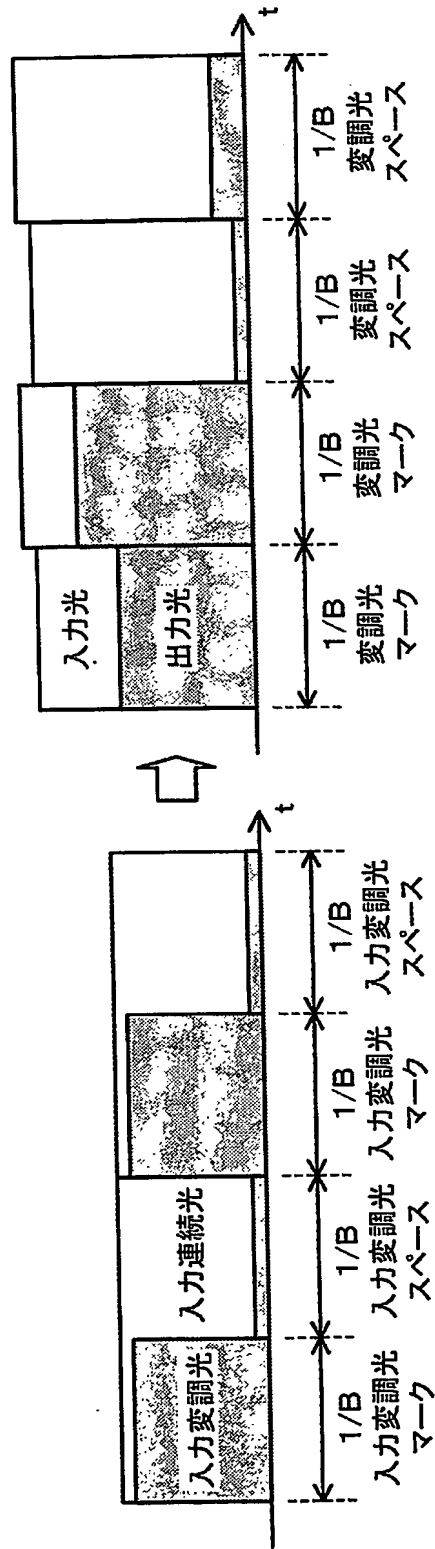
## 双向光增幅器



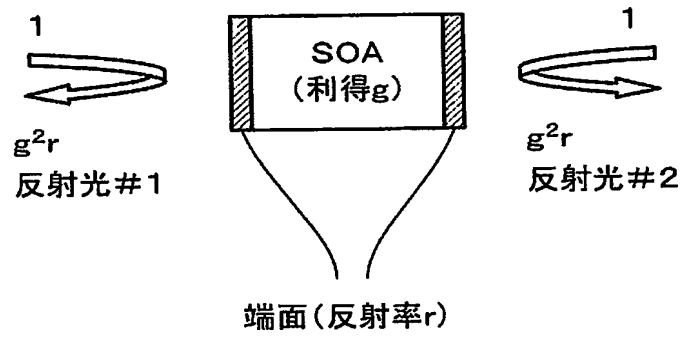
【図5】

光強度変調器

双方向光増幅器

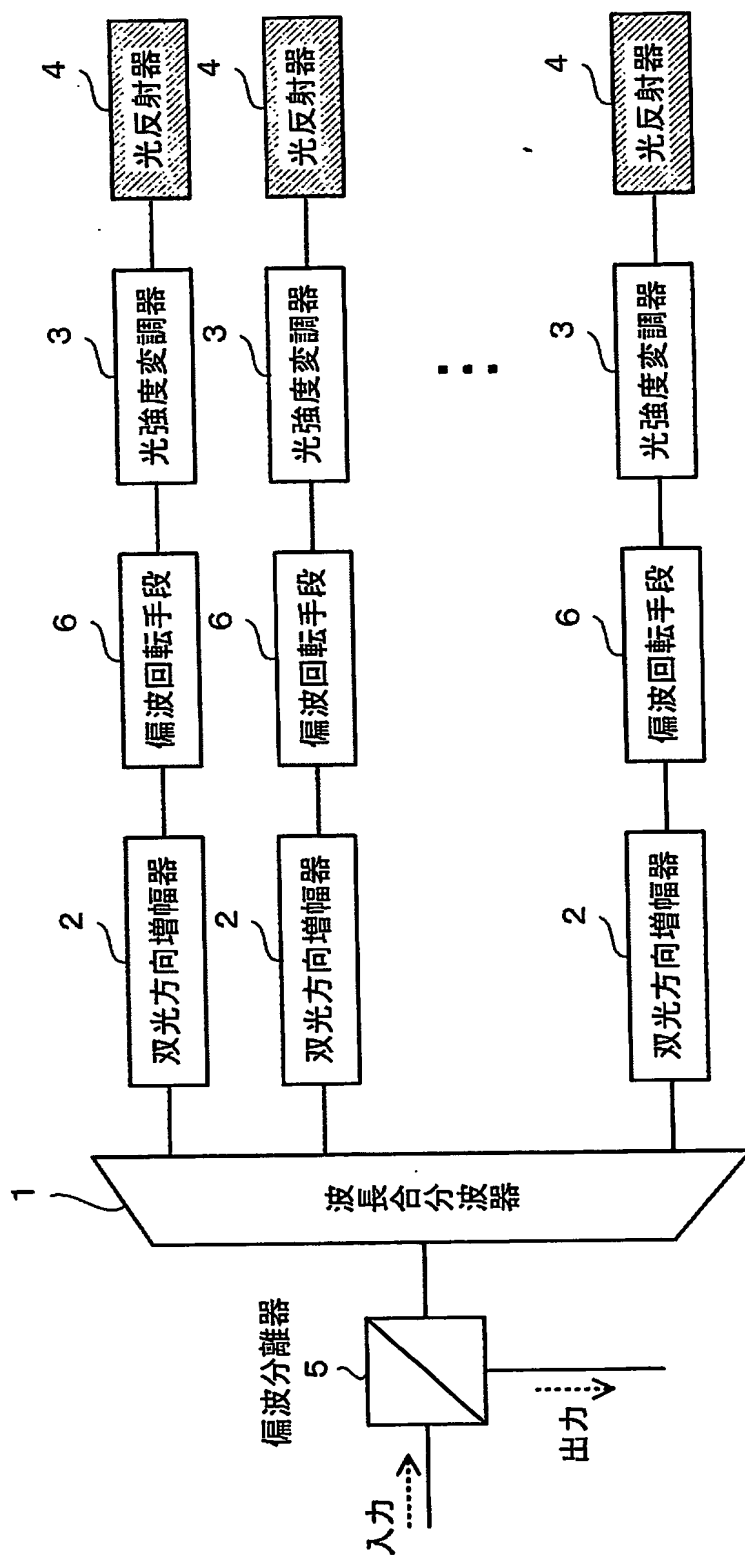


【図 6】

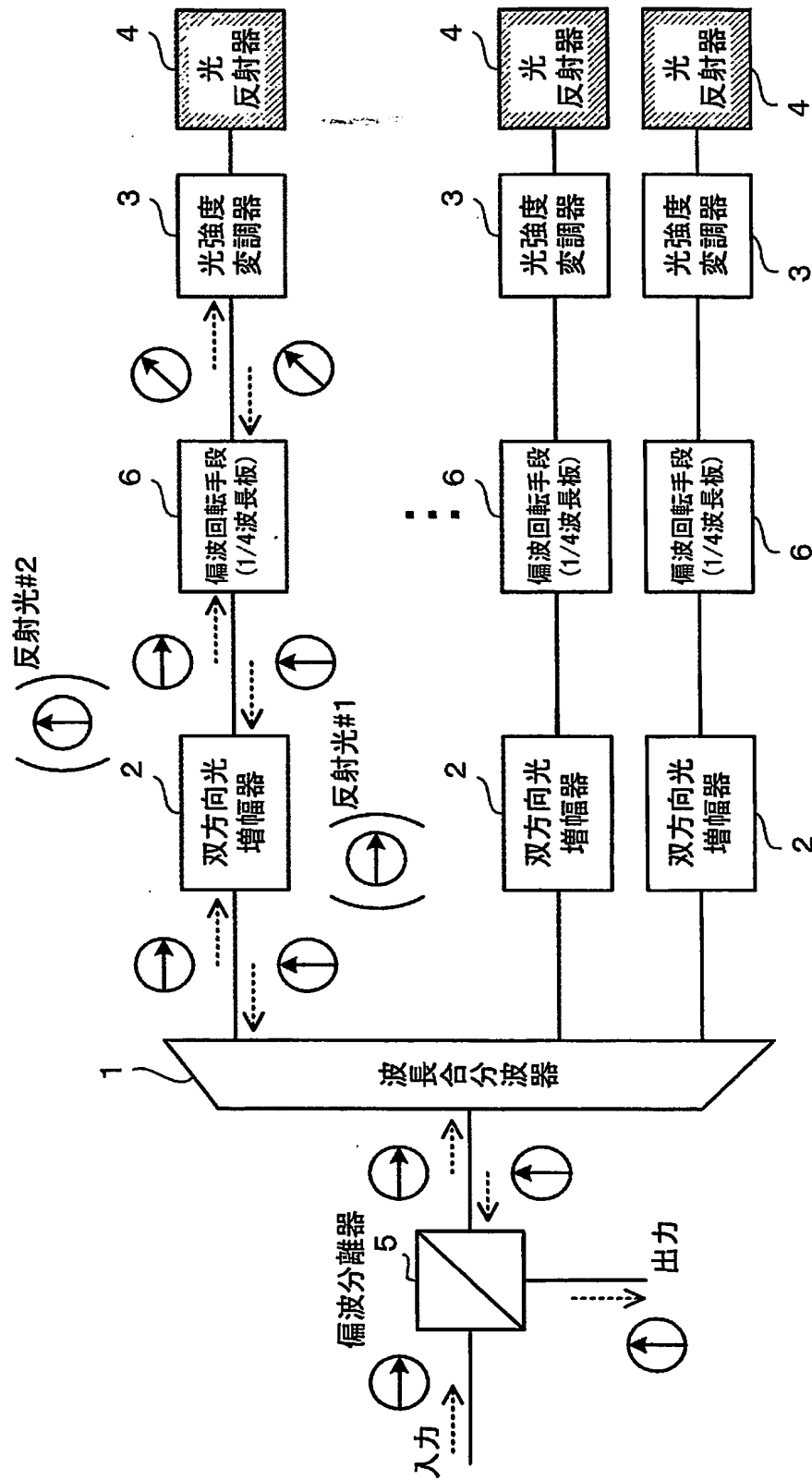




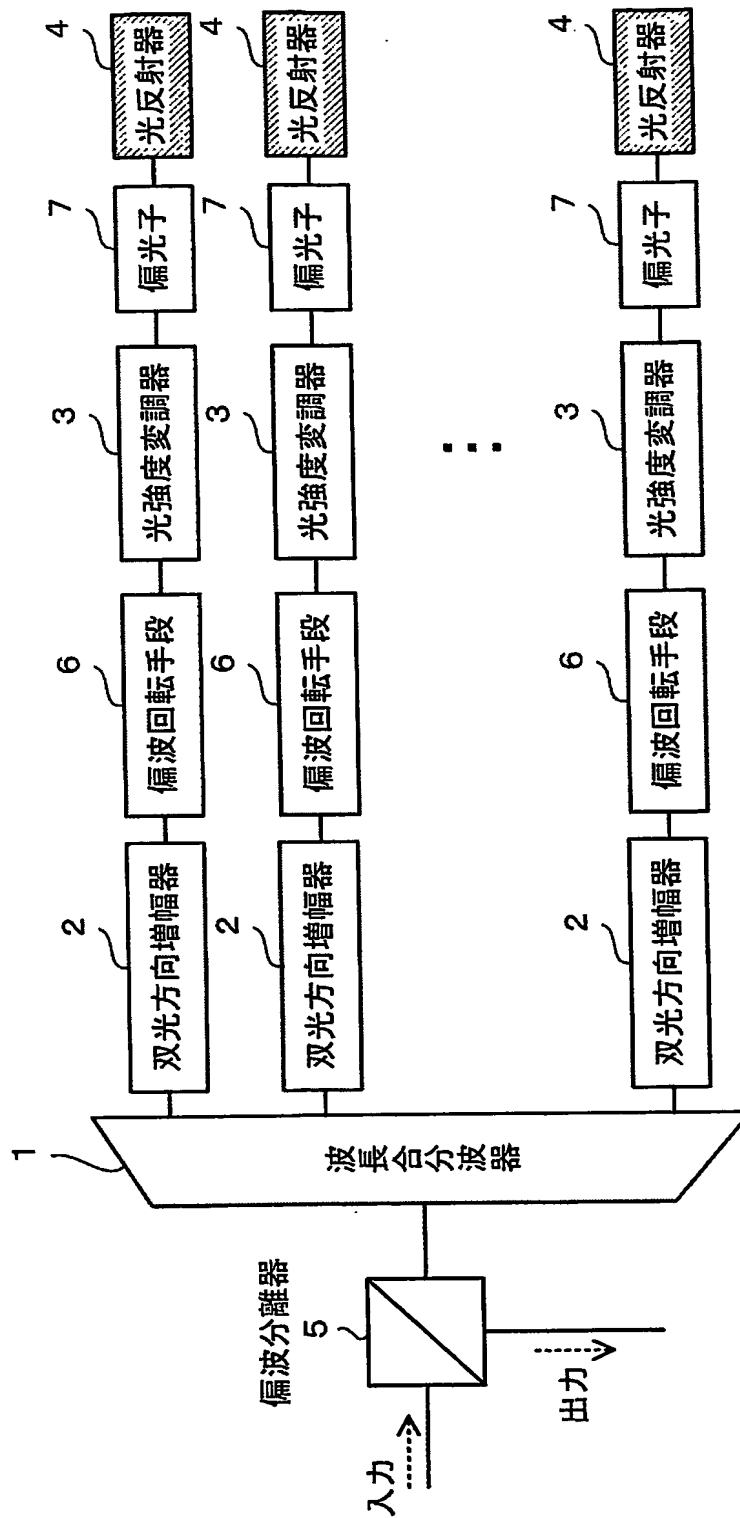
【図 7】



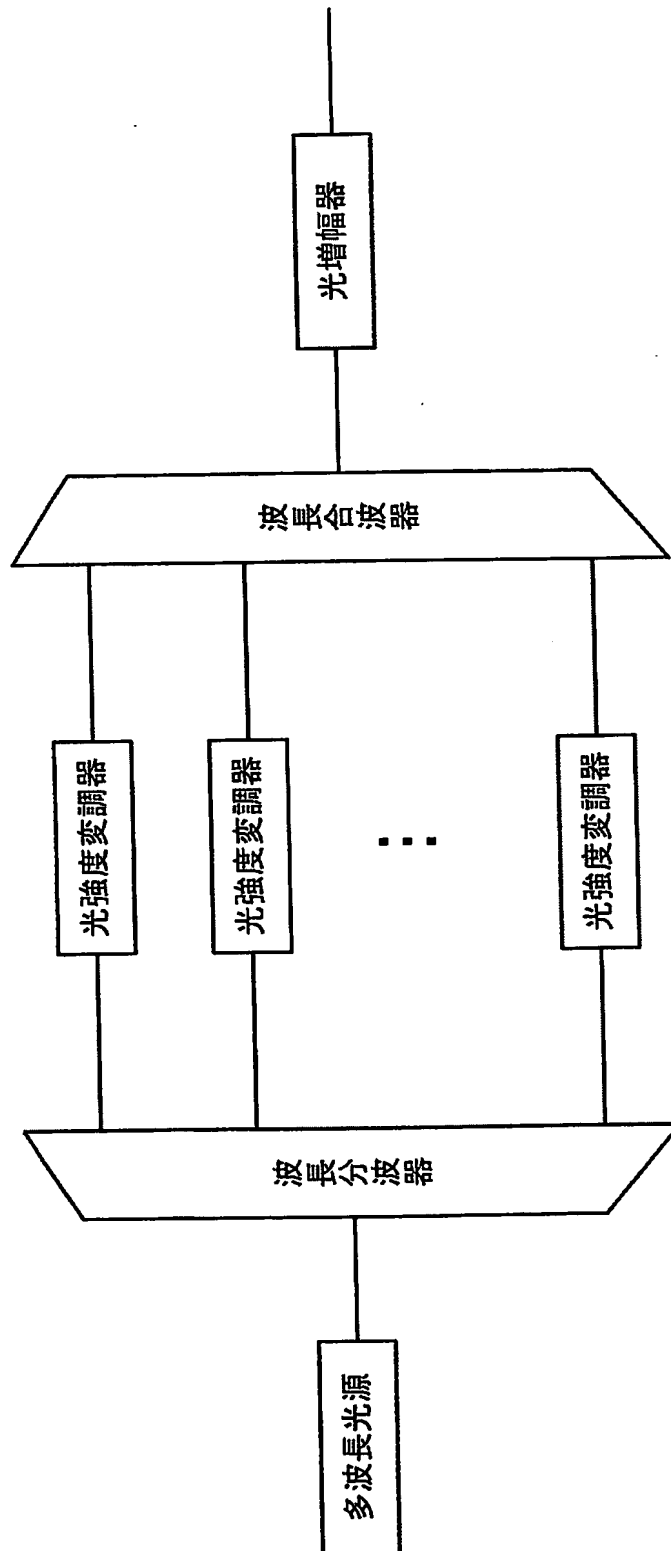
【図 8】



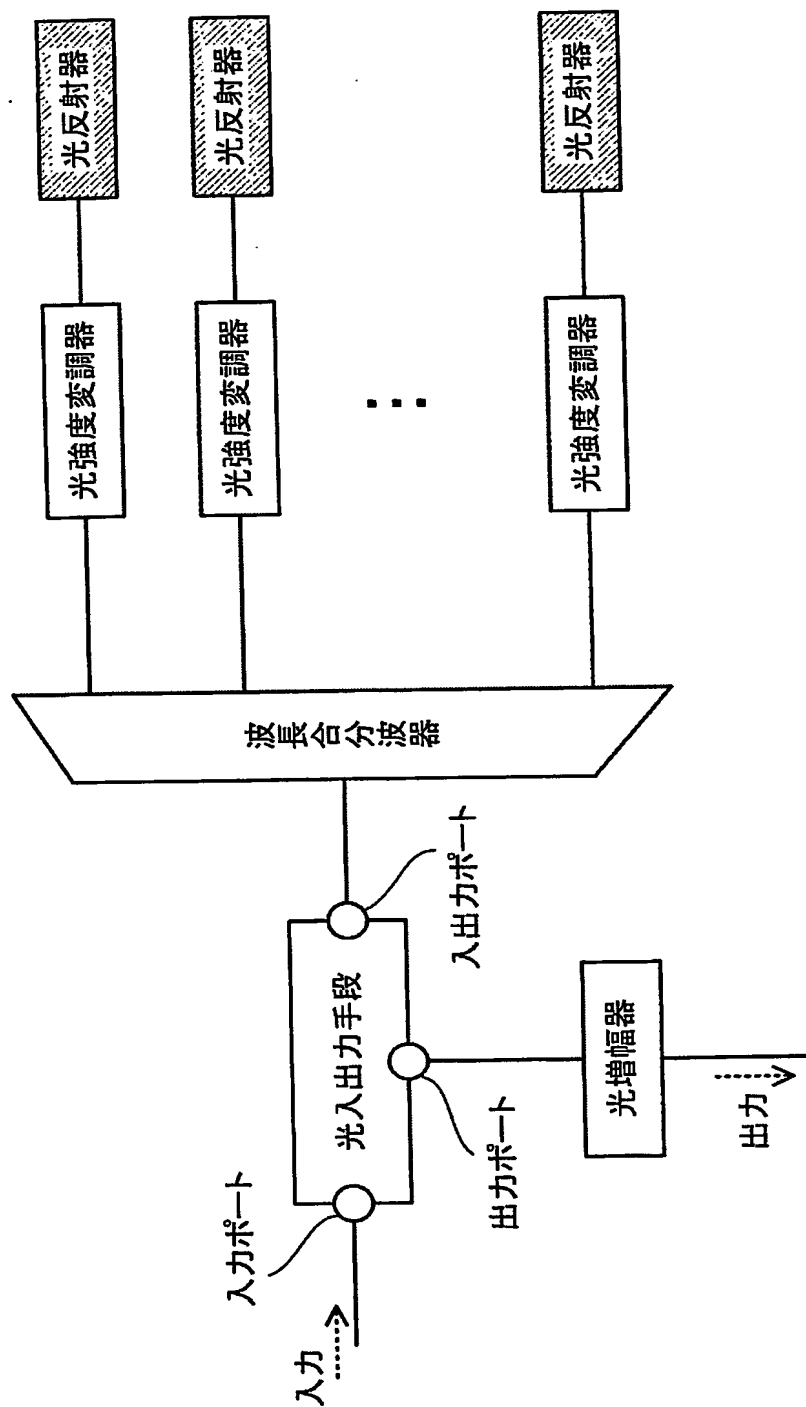
【図9】



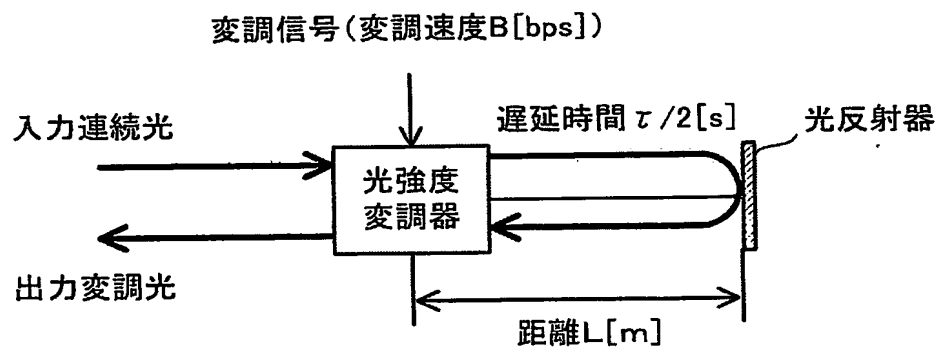
【図 10】



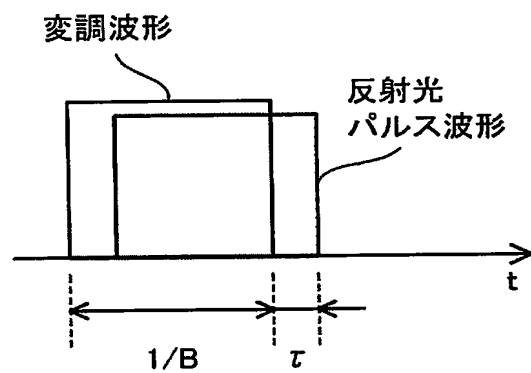
【図 11】



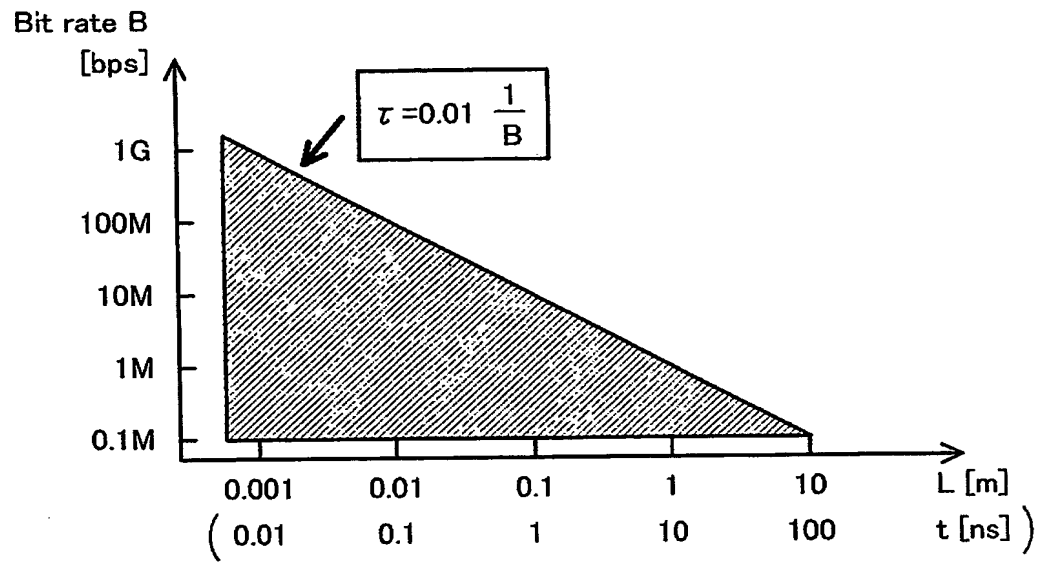
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光増幅器に要求される利得を所望利得の半分にし、広帯域にわたって平坦な利得プロファイルを必要とせず、光増幅器故障時にシステムに与える影響を波長毎で済ませ、G (bps) オーダの高速の変調信号により強度変調が可能となる多長一括光変調装置を提供する。

【解決手段】 多波長を構成する単一波長光を双方向に透過させ当該単一波長光に利得を与える光増幅手段と、前記利得を与えられた単一波長光のいずれかを双方向に透過させ当該透過する利得を与えられた単一波長光に変調を施す光強度変調手段と、この光強度変調手段を透過した単一波長光を再びこの光強度変調手段および前記光増幅手段に回帰させる光回帰手段とを多波長を構成する波長数分備える。

【選択図】 図 1



特願 2003-174499

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000004226]

1. 変更年月日

1999年 7月15日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

氏 名

日本電信電話株式会社